



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

**(12) Patentschrift
(10) DE 197 25 633 C 1**

⑤ Int. Cl. 6.

G 01 B 11/30

G 01 B 9/04

(21) Aktenzeichen: 197 25 633.3-52
(22) Anmeldetag: 17. 6. 97
(43) Offenlegungstag: -
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 12. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

73 Patentinhaber:

Zentrum für Neuroinformatik GmbH, 44801 Bochum, DE

(74) Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

(72) Erfinder:

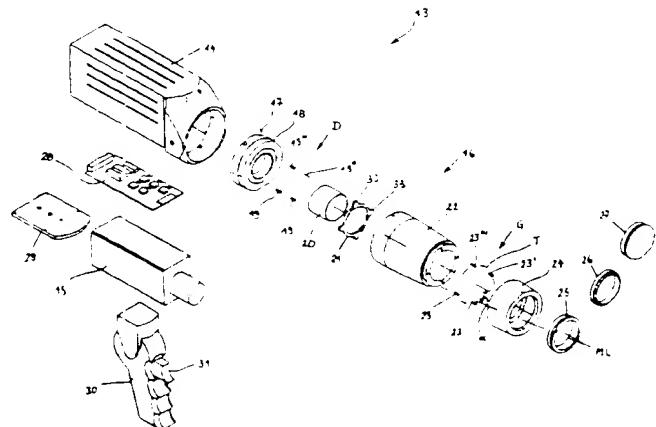
Hoffmann, Klaus Peter, Dr., 44791 Bochum, DE;
Eckert, Ludwig, Dr., 97654 Bastheim, DE; Tölg,
Sebastian, Dr., 58313 Herdecke, DE; Andres,
Marianne, Dr., 44866 Bochum, DE; Husemann,
Robert, Dr., 45309 Essen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 13 258 A1
DE 43 12 452 A1
DE 42 43 863 A1

54 Verfahren und Anordnung zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche

⑤ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche durch Aufnahme der bildlichen Szene mit einer Videokamera (15). Hierbei wird eine Folge von Bildern mit diffuser und gerichteter Beleuchtung gemacht. Zu diesem Zweck ist der Videokamera (15) ein Beleuchtungskörper (16) vorgeschaltet, in den zwei Lichtsysteme D und G integriert sind. Das Lichtsystem D dient zur Erzeugung von diffussem Licht, das Lichtsystem G umfaßt vier Lichtquellen (23, 23', 23'', 23'''), welche einzeln angesteuert werden und so die zu untersuchende Oberfläche jeweils aus einer unterschiedlichen Richtung beleuchten. Softwaregesteuert wird die schnelle Aufnahme der Bildfolge mit unterschiedlichen Beleuchtungsmodi durchgeführt. Die Brillinformations der einzelnen Bilder werden in digitale Signale umgewandelt, aus denen eine dreidimensionale Struktur errechnet wird.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einerseits ein Verfahren und andererseits eine Anordnung zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche.

In einer Vielzahl medizinischer, biologischer oder technischer Anwendungen findet eine Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche statt. So beispielsweise in der Dermatologie zur Erkennung von Hautkrebs oder bei der Oberflächeninspektion technischer Objekte.

Zum Stand der Technik gehören in diesem Zusammenhang Handmikroskope, die eine Auflichtmikroskopie der zu analysierenden Oberfläche ermöglichen. Hierbei handelt es sich um ein handgehaltenes Gerät mit einer mikroskopischen Optik, die mit einer Kamera gekoppelt eine Inspektion und Befundung der Oberfläche ermöglicht. Die Bilder können vergrößert auf einem Monitor betrachtet werden.

Die bekannten Videomikroskope liefern ein zweidimensionales Abbild der untersuchten Oberfläche. Ein räumlicher Eindruck und damit Rückschlüsse auf die Tiefenstruktur der Oberfläche und deren Auswertung ist nicht möglich.

Aus der DE 42 43 863 A1 ist ein Verfahren zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche durch Aufnahme einer bildlichen Szene mit einer Kamera, wobei mindestens zwei Bilder bei einer Beleuchtung mit gerichtetem Licht aufgenommen werden, die Bildinformationen der einzelnen Bilder in digitale Signale umgewandelt werden und anschließend hieraus eine Kontrolle der Struktur, insbesondere ihrer Regelmäßigkeit, der Oberfläche rechnergestützt ermittelt wird.

Die DE 43 12 452 A1 offenbart ein Verfahren zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche durch Aufnahme einer bildlichen Szene mit einer Kamera, wobei mindestens zwei Bilder bei einer Beleuchtung mit gerichtetem Licht aufgenommen werden, die Bildinformationen der einzelnen Bilder in digitale Signale umgewandelt werden und anschließend hieraus qualitätsbestimmende Parameter der Oberflächenstruktur rechnergestützt ermittelt werden.

Die DE 43 13 258 A1 zeigt ein Verfahren zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche (Textur der menschlichen Hautoberfläche oder einer Replica davon) durch Aufnahme einer bildlichen Szene mit einer Kamera, wobei mindestens zwei Bilder bei einer Beleuchtung mit gerichtetem Licht aufgenommen werden, die Bildinformationen der einzelnen Bilder in digitale Signale umgewandelt werden und anschließend hieraus Kenngrößen rechnergestützt ermittelt.

Weiterhin zeigt die DE 43 12 452 A1 eine Vorrichtung zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche durch Aufnahme einer bildlichen Szene mit einer Kamera entnehmbar, mit einem bildgebendem Sensor wie einer Matrix-Kamera und diesem zugeordneten Beleuchtungskörpern, wobei im Beleuchtungskörper gerichtetes Licht erzeugende Lichtquellen angeordnet und von einer Steuerung elektronisch steuerbar sind, sowie mit einem Datenspeicher zur Aufnahme der mittels einer Videoaufnahmekarte digitalisierten Bildinformationen.

Eine ähnliche Vorrichtung ist ebenfalls aus der DE 42 43 863 A1 bekannt.

Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, das eine Analyse der dreidimensionalen Beschaffenheit und Form einer Oberfläche ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst:

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfundungsgemäßen Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 4 charakterisiert.

Kernpunkt der Erfindung bildet die Maßnahme, die Be-

schaffenheit einer Oberfläche durch Aufnahme der bildlichen Szene mit einer Kamera zu analysieren, wobei mindestens zwei Bilder mit unterschiedlichen Beleuchtungsarten aufgenommen werden. Hierbei werden entweder zwei Bilder aufgenommen mit einer Beleuchtung, bei der das Licht aus zwei verschiedenen Richtungen auf die zu untersuchende Oberfläche fällt, oder es wird eine Aufnahme angefertigt mit einem unter einem bestimmten Winkel auf die zu untersuchende Oberfläche gerichteten Licht und ein weiteres Bild wird bei diffusem Licht aufgenommen.

Bei der Aufnahme der Bilder ist eine einheitliche Grundhelligkeit und Farbtemperatur bei allen Beleuchtungsarten wichtig. Dies wird durch eine kombinierte Steuerung der Stromversorgung der Lichtquellen und der Verschlußgeschwindigkeit der Kamera erreicht.

Der geometrische Abstand zwischen der zu untersuchenden Oberfläche bzw. dem Objekt und dem Objektiv ist vorgegeben, so daß Objekt und Objektiv bzw. Kamera eine starre Einheit bilden. Die Aufnahmenrichtung, das heißt die Kameraposition, bleibt gleich. Wesentlich ist, daß eine Aufnahme von mindestens zwei Bildern bei unterschiedlichen Beleuchtungsarten erfolgt. Die Aufnahme der einzelnen Bilder kann zeitlich versetzt zueinander erfolgen. Jedes aufgenommene Bild wird digitalisiert und die Informationen in einem Speicher zur weiteren Verarbeitung abgelegt.

Aus den digitalisierten Bildinformationen wird die dreidimensionale Struktur der Oberfläche ermittelt. Hierbei finden photometrisch-räumliche Rechenoperationen Anwendung.

Zur Ermittlung der dreidimensionalen Struktur und Textur reicht es aus, wenigstens zwei Aufnahmen mit gerichteter Beleuchtung durchzuführen, wie dies Anspruch 2 vorsieht.

Hierbei werden Bilder mit Beleuchtungen aus jeweils unterschiedlichen Richtungen aufgenommen. Auch wenn grundsätzlich die Aufnahme von zwei Bildern genügt, wird die Analyse und das Ergebnis durch die Aufnahme weiterer Bilder mit jeweils einer Beleuchtung aus einer anderen Richtung verbessert.

Bei der Anordnung von zwei Lichtquellen sollen diese vorzugsweise einander gegenüberliegen. Dies ist möglich, wenn man sie auf einem quer zur optischen Achse liegenden Teilkreis in Umfangsrichtung versetzt anordnet. Ferner werden die Lichtquellen in einem zur optischen Achse konvergierenden Winkel ausgerichtet. Die zu untersuchende Oberfläche wird dann bei den Aufnahmen aus zwei unterschiedlichen Richtungen angeleuchtet, so daß jeweils an der angeleuchteten Seite und den jeweiligen Randbereichen ein scharfer Kontrast an der Oberfläche und im rückwärtigen Bereich, jedoch ein schwacher Kontrast bzw. ein Schatten entsteht. Durch Verknüpfungsoperationen der aus den Bildern gewonnenen Informationen, wie der Grauwertsubtraktion, werden dann Rückschlüsse auf die dreidimensionale Information einer Oberflächenunregelmäßigkeit möglich.

Bei dieser Untersuchung ist es wichtig, daß wenigstens zwei, jedoch vorzugsweise mehr Bilder mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen aufgenommen werden. Je mehr Bildinformationen aus den einzelnen Bildern vorliegen, um so genauer kann die dreidimensionale Struktur bestimmt werden.

Als Lichtquellen können spezielle miniaturisierte Glühlampen oder Leuchtdioden zum Einsatz gelangen. Die Beleuchtungsrichtung wird zweckmäßigerverweise durch entsprechende Ausrichtung der Lichtquellen erreicht.

Eine Logikschaltung sichert in Zusammenarbeit mit einem Steuerprogramm eine einheitliche Grundhelligkeit und Farbtemperatur bei allen Beleuchtungsmodi. Dies wird durch eine kombinierte Steuerung der Stromversorgung der Leuchtkörper und der Verschlußgeschwindigkeit der Kamera erreicht.

mera erreicht. Zeitkritische Farbanwendungen erfordern den Einsatz einer Dreieckchip-Farbkamera. Bei nicht zeitkritischen Farbanwendungen kann die Dreieckchip-Farbkamera durch eine kostengünstigere Grauwertkamera ersetzt werden. In diesem Fall kommen als Leuchtkörper lichtstarke Leuchtdioden zum Einsatz, die je nach Ansteuerung Licht im roten, grünen oder blauen Spektralbereich emittieren.

Hier werden jeweils drei Aufnahmen mit den verschiedenenfarbigen Beleuchtungen benötigt, um eine RGB-Aufnahme der Dreieckchip-Farbkamera zu ersetzen.

Wie bereits beschrieben, wird aus den Bildern, die mit gerichtetem Licht aufgenommen worden sind, die dreidimensionale Struktur und Textur einer Oberfläche ermittelt. Hierbei ist es wichtig, mit möglichst gerichteter Beleuchtung zu arbeiten. Unter Struktur ist die makroskopische Form zu verstehen. Bei der dreidimensionalen Textur handelt es sich um die mikroskopische Struktur der Oberfläche.

Gemäß den Merkmalen des Anspruchs 3 wird mindestens ein Bild mit gerichtetem Licht und ein Bild bei diffusem Licht aufgenommen.

Die aus dem bei diffusem Licht aufgenommenen Bild ermittelten Daten dienen zur Ermittlung der Textur der Oberfläche bezüglich Helligkeit und Farbe. Hierdurch ist insbesondere eine Auswertung des Reflexionsvermögens einer Oberfläche möglich. Zu diesem Zweck muß die Beleuchtung möglichst gleichmäßig sein und keine Schatten werfen.

Nach den Merkmalen des Anspruchs 4 wird die ermittelte dreidimensionale Struktur mittels eines Algorithmus nach Training vorgegebener Merkmalskombinationen klassifiziert.

Diese Bewertung wird aufgabenspezifisch vorgenommen, das heißt, sie ist abhängig von der jeweils untersuchten Oberfläche und den jeweils interessieren Merkmalen.

Einsatzbeispiele für das erfindungsgemäße Verfahren sind die Dermatologie, die Metallografie und Werkstoffuntersuchung, die Leiterplatteninspektion oder die Kriminalistik. Bei der Dermatologie erfolgt eine Inspektion und die Diagnose von Hautverfärbungen oder Melanomen. In der Werkstoffuntersuchung kann das Verfahren zur Prüfung von Schweißnähten oder zur Diagnose von Rissen in metallischen Gefügen eingesetzt werden. In der Kriminalistik wird die Untersuchung von Haaren, Fasern und ähnlichen Spuren durch das erfindungsgemäße Verfahren weiter verbessert.

Die Bewertung erfolgt durch Extraktion bestimmter anwendungsspezifisch wichtiger Merkmale aus den ermittelten dreidimensionalen Informationen. Hierzu können beispielsweise bei der Schweißnahtuntersuchung Schwellwertoperationen genügen. Besonders vorteilhaft erfolgt die Bewertung in komplexen Anwendungsfällen wie der Hautkrebsdiagnose mittels eines neuronalen Netzes.

Es werden die vom 3D-Bild erhaltenen Informationen im Vergleich zu vorgegebenen Informationsschwerpunkten bewertet, wobei das Netz von Anwendungsfäll zu Anwendungsfäll unterschiedlich trainiert ist, so daß jeweils markante Merkmalskombinationen selektiert werden können.

Bei der Hautkrebsdiagnose werden die Bilddaten in Anlehnung an die sogenannte ABCDF-Regel hinsichtlich einer asymmetrischen Umrandung, einer unscharfen Begrenzung, eines dunklen oder inhomogenen Centers, des Durchmessers sowie der Erhebung über die normale Hautoberfläche analysiert.

Die Bildverarbeitung läuft sich dabei in drei Hauptarbeits schritte einteilen. Diese sind die Vorverarbeitung, die Segmentierung der interessierenden Zone und die Merkmalsextraktion und -analyse.

In der Vorverarbeitung werden Sensorartefakte im digitalen Bild wie Reflexionen, Rauschen usw. beseitigt. Hierzu kommen nicht-lineare Filter zum Einsatz, da bekannte Tie-

paßfilterungen wichtige Informationen, beispielsweise über eine Hautfelderung nachteilig beeinflussen.

Die Segmentierung der interessierenden Zonen erfolgt mittels Kantendetektoren, Konturfinder und der kombinierten Abschätzung von lokaler und globaler Farbverteilung mit nachgeschalteter Auswertung durch das selbstlernende neuronale Netz. Hierdurch wird der Bildinhalt auf den Bereich, in dem sich ein möglicher Tumor befindet, eingeschränkt. In diesem Bereich kann die eigentliche Merkmalsanalyse stattfinden. Einige Merkmale wie Größe und Durchmesser ergeben sich direkt aus der Segmentierung. Diese läßt auch Rückschlüsse auf die Asymmetrie der Läsion zu.

Die so extrahierten Merkmale werden mittels eines trainierten künstlichen neuronalen Netzes klassifiziert, bei dem der histologische Befund als Kontrolle dient. In das neuronale Netz können weitere externe Daten einbezogen werden, wie beispielsweise die Gesamtzahl von Muttermaien, der Familienanamnese, Hauttyp und ähnliches.

Auf diese Weise ist eine dermatologische Untersuchung mit hoher Untersuchungs- und Diagnosegenauigkeit möglich.

Weiterhin ist es eine der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe, eine Aufnahmeverrichtung zu schaffen, die Aufnahmen, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlich sind, bereitstellt.

Diese Aufgabe wird durch eine Aufnahmeverrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst.

Darüberhinaus ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung bereitzustellen, die eine Durchführung des Verfahrens ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Anordnung, wie sie in Anspruch 9 dargelegt ist, gelöst.

Die erfindungsgemäße Aufnahmeverrichtung umfaßt ein Handgerät in Form einer Videokamera mit einem dieser Videokamera zugeordneten Beleuchtungskörper. Im Beleuchtungskörper sind Lichtquellen angeordnet, welche gerichtetes und diffuses Licht erzeugen. Die Ansteuerung und Aktivierung der einzelnen Lichtquellen bei den einzelnen Aufnahmen erfolgt über eine elektronische Steuerung. Die Ansteuerung der Beleuchtung ist mit der Bildaufnahme durch die Videokamera so synchronisiert, daß die gesamte Bildfolge zeitoptimiert aufgenommen werden kann.

In die erfindungsgemäße Anordnung ist eine Videoaufnahmekarte eingebunden, welche die von der Videokamera aufgenommenen Bilder digitalisiert. Die Ablage der digitalisierten Bildinformationen erfolgt in einem Datenspeicher. Eine automatische Auswertung kann unmittelbar durch eine Auswerteeinrichtung erfolgen.

Die Aufnahmeverrichtung zeichnet sich durch eine mit der Kameraaufnahme synchronisierte umschaltbare Beleuchtung aus.

Erfindungswesentlich ist der Beleuchtungskörper. Durch den Einsatz miniaturisierter Lichtquellen können verschiedene Beleuchtungseffekte (diffuse Beleuchtung, gerichtete Beleuchtung aus unterschiedlichen Winkeln, und durchscheinende Beleuchtung) im Beleuchtungskörper integriert werden. Der Beleuchtungskörper ist der Videokamera als Kameravorsatz lösbar zugeordnet. Durch den Beleuchtungskörper werden Videoaufnahmen mit mindestens zwei unterschiedlichen Beleuchtungsarten ermöglicht - und zwar bei ansonsten gleichbleibenden bzw. unveränderten Aufnahmeparametern wie Kamerasposition oder geometrischer Abstand und Lage der zu untersuchenden Oberfläche zum Objektiv. So können Aufnahmen mit gerichteter oder diffuser Beleuchtung durchgeführt werden, aus deren Vergleich sich ein dreidimensionales Abbild extrahieren läßt.

Diffuses Licht kann erzeugt werden, indem einem Teil der im Beleuchtungskörper angeordneten Lichtquellen eine

das Licht zerstreuende Einrichtung zugeordnet wird, wie dies Anspruch 6 vorsieht. Eine solche Streuung kann beispielsweise durch vor die Lichtquellen gesetzte Blenden erreicht werden, so daß nur von der Innenwand des tubusförmigen Beleuchtungskörpers reflektiertes und hierdurch diffus gewordenes Licht auf das aufzunehmende Objekt trifft. Störende Ganzlichter können so nahezu vollständig vermieden werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsge-mäßen Aufnahmeevorrichtung ist durch die Merkmale des Anspruchs 7 charakterisiert.

Danach sind mindestens zwei Lichtquellen auf einem quer zur Mittellängsachse des Beleuchtungskörpers liegenden Teilkreis in Umfangsrichtung versetzt und in einem zur Mittellängsachse konvergierenden Winkel angeordnet.

Hierdurch ist die Aufnahme von mindestens zwei Bildern bei einer Beleuchtung aus unterschiedlichen Richtungen möglich. Die Kameraposition bleibt hierbei unverändert.

Durch die Beleuchtung des Objekts aus unterschiedlichen Richtungen ist die Aufnahme von Bildern mit voneinander verschiedenen Kontrast- und Schattenzonen möglich. Dies erlaubt Rückschlüsse auf die dreidimensionale Unregelmäßigkeit der Oberfläche durch Subtraktion der Grauwerte.

Bei der Anordnung von zwei Lichtquellen für die gerichtete Beleuchtung ist es zweckmäßig, diese auf dem Teilkreis um 180° versetzt anzutragen. Hinsichtlich des Projektionswinkels wird eine Einstellung zwischen 5° und 45° als zweckmäßig angesehen – bezogen jeweils auf die optische Achse der Lichtquelle zur zu untersuchenden Oberfläche. Die Anordnung der Lichtkörper mit einer Winkelstellung von 45° konvergierend zur Mittellängsachse erlaubt aus technischer Sicht eine universelle Anwendung. Hiermit können sowohl Erhebungen als auch Vertiefungen und die Textur einer Oberflächenunregelmäßigkeit erfaßt werden.

Grundsätzlich ist es für eine Erfassung der Kontur einer Oberflächenunregelmäßigkeit von Vorteil, wenn die zu untersuchende Oberfläche streifend angeleuchtet wird. Für die einzelnen Aufnahmen wird das Licht von mehreren Seiten flach auf die zu untersuchende Oberfläche gerichtet. Hier ist ein spitzer Winkel zur Oberfläche von beispielsweise 10° von Vorteil.

Um Rückschlüsse auf die dreidimensionale Unregelmäßigkeit einer Oberfläche zu gewinnen, genügen grundsätzlich zwei Aufnahmen mit einer Beleuchtung aus unterschiedlichen Richtungen. Das Ergebnis wird jedoch verbessert, wenn mehr als zwei, vorzugsweise drei bis sechs Aufnahmen bei jeweils unterschiedlicher Beleuchtungsrichtung erfolgen. Dementsprechend sind bei einer vorteilhaften Ausführungsform im Beleuchtungskörper mehrere gerichtetes Licht erzeugende Lichtquellen auf dem Teilkreis gleichmäßig verteilt angeordnet.

Als zweckmäßige Ausgestaltung ist nach den Merkmalen des Anspruchs 8 vorgesehen, daß sich auf dem Beleuchtungskörper verschiedene Vorsatzringe aufstecken lassen. So kann beispielsweise mit einem Vorsatz, der eine weiße Scheibe enthält, ein standardisierter Weißabgleich der Kamera erfolgen. Ferner kann ein Vorsatzring Verwendung finden, der die Funktion eines Abstandshalters zur zu untersuchenden Oberfläche übernimmt. In der Kontaktdermatoskopie kann ferner für eine epilumineszenzmikroskopische Aufnahme ein weiterer Vorsatz eingesetzt werden mit einer beschichteten Glasscheibe, die als Filter für polarisiertes Licht oder antireflektierend ausgelegt ist.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 bis 3 im Schema die Zuordnung einer Kamera und verschiedener Lichtquellen zu einer zu analysierenden

Oberfläche;

Fig. 4 in der Seitenansicht ein Oberflächendiagnosegerät;

Fig. 5 das Oberflächendiagnosegerät in einer perspektivischen Darstellung und

Fig. 6 das Oberflächendiagnosegerät in einer Explosionsdarstellung.

In den **Fig. 1** bis **3** ist schematisch die Anordnung einer Videokamera **1** oberhalb einer zu analysierenden Oberfläche **2** mit einer Oberflächenunregelmäßigkeit **3** in Form einer Erhebung **4** veranschaulicht.

Zur Analyse der Beschaffenheit der Oberfläche **2** werden zwei Bilder bei einer Beleuchtung mit gerichtetem Licht (**Fig. 1** und **2**) und ein Bild bei einer Beleuchtung mit diffussem Licht (**Fig. 3**) aufgenommen. Die Bildinformationen werden dann in digitale Signale umgewandelt, aus denen ein dreidimensionales Abbild der Erhebung **4** rechnergestützt ermittelt wird.

Die Position der Videokamera **1** bleibt während des Diagnosevorgangs unverändert, so daß der geometrische Abstand zwischen der Oberfläche **2** und dem Objektiv der Kamera gleich bleibt.

In den **Fig. 1** und **2** erkennt man die Anordnung von zwei Lichtquellen **5** bzw. **6**. Diese projizieren Lichtstrahlen jeweils aus einer um 180° zueinander versetzten Position auf die zu analysierende Oberfläche **2**, wobei die Lichtstrahlen **7**, **7'** schräg auf die Oberfläche **2** gerichtet sind. Hierzu sind die Lichtquellen **5**, **6** unter einem Winkel α zur Oberfläche **2** gerichtet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Winkel $\alpha = 45^\circ$. Infolge der Beleuchtung der Oberfläche **2** aus unterschiedlichen Richtungen ist die Aufnahme von zwei Bildern mit voneinander verschiedenen Kontrastzonen **8**, **9** und Schattenzonen **10**, **11** möglich.

Des Weiteren erfolgt die Aufnahme eines Bildes bei diffuser Beleuchtung. Die die Oberfläche **2** diffus ausleuchtenden Lichtstrahlen sind in der **Fig. 3** mit **12** bezeichnet.

Die digitalisierten Signale der drei Bilder werden rechnergestützt in Verknüpfungsoperationen miteinander verrechnet und ausgewertet, so daß man eine dreidimensionale Information über die zu analysierende Oberfläche erhält.

In einem nächsten Schritt kann dann die Auswertung der in vorgeschriebener Weise erfaßten Oberfläche **2** bzw. der Oberflächenunregelmäßigkeit **3** erfolgen.

Anhand der **Fig. 4** bis **6** ist ein Oberflächendiagnosegerät **13** beschrieben. In allen drei Darstellungen tragen einander entsprechende Bauteile die gleichen Bezugszeichen.

Das Oberflächendiagnosegerät **13** umfaßt eine in einem Gehäuse **14** untergebrachte Videokamera **15** mit einem dieser zugeordneten Beleuchtungskörper **16**. Der Beleuchtungskörper **16** ist lösbar mit dem Gehäuse **14** gekoppelt.

Der Beleuchtungskörper **16** weist einen Kameraadapter **17** und einen hinteren Beleuchtungstubus **18** auf. Dieser nimmt vier Lichtquellen **19**, **19'**, **19''**, **19'''** auf. Die Lichtquellen **19**, **19'**, **19''**, **19'''** bilden ein erstes Lichtsystem D und dienen zur Erzeugung von diffussem Licht.

Unter Zwischenschaltung eines Distanzstücks **20** und eines Abblendrings **21** ist der hintere Beleuchtungstabus **18** mit einem mittleren Beleuchtungstabus **22** verbunden.

Der mittlere Beleuchtungskörper **22** nimmt vier weitere Lichtquellen **23**, **23'**, **23''**, **23'''** auf. Die Lichtquellen **23**, **23'**, **23''**, **23'''** bilden ein zweites Lichtsystem G zur Erzeugung von gerichtetem Licht.

Der Abschluß des Beleuchtungskörpers **16** wird durch einen vorderen Beleuchtungstabus **24** gebildet.

Mit **25**, **26**, **27** sind in der **Fig. 4** drei verschiedene Vorsatzringe bezeichnet, welche auf den Beleuchtungskörper **16** gesteckt werden können.

Auf die Videokamera **15** ist eine Steuerplatine **28** gesteckt, welche mit den beiden Lichtsystemen D und G ver-

knüpft ist. Über die Steuerplatine 28 werden die Lichtsysteme D und G bzw. deren Lichtquellen 19, 19', 19'', 19''' und 23, 23', 23'', 23''' angesteuert. Ferner wird über die Steuerplatine 28 eine Kalibrierung der verschiedenen Beleuchtungsmodi ermöglicht.

Mit 29 ist eine Bodenplatte des Oberflächendiagnosegeräts 13 bezeichnet. Gehalten und bedient wird das Oberflächendiagnosegerät 13 mit einem Handgriff 30, in den ein Auslöser 31 integriert ist.

Das vordere Lichtsystem G besteht aus vier Lichtquellen 23, 23', 23'', 23'''. Diese sind auf einem quer zur Mittellängsachse ML des Beleuchtungskörpers 16 liegenden Teilkreis T in Umfangsrichtung jeweils um 90° versetzt.

Ferner sind die Lichtquellen 23, 23', 23'', 23''' in einem zur Mittellängsachse ML konvergierenden Winkel α' angeordnet. Jede Lichtquelle 23, 23', 23'', 23''' ist einzeln ansteuerbar. Einzeln geschaltet liefern sie die für einen photometrisch-räumlichen Rechenvorgang notwendige gerichtete Beleuchtung.

Das Lichtsystem D zur Erzeugung von diffusem Licht ist im hinteren Beleuchtungstibus 18 angeordnet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfaßt auch das Lichtsystem D vier Lichtquellen 19, 19', 19'', 19'''. Über den vorgesetzten Abblendring 21 wird erreicht, daß nur von der Innenwand 32 des mittleren Beleuchtungstibus 22 reflektiertes und hierdurch diffus gewordenes Licht auf die zu analysierende Oberfläche trifft. Hierzu weist der Abblendring 21 vier über den äußeren Umfang abstehende Abblendkörper 33 auf.

Die Lichtsysteme D und G können kombiniert eingesetzt werden, z. B. bei kontaktdermatoskopischen Aufnahmen. Ein solcher Diagnosevorgang ist nachfolgend beschrieben.

Zu Beginn der Diagnose ist der Vorsatzring 26 auf den Beleuchtungskörper 16 gesteckt. Der Vorsatzring 26 ist ein offener Ring, der die Funktion eines Abstandshalters bei den Aufnahmen mit diffuser und gerichteter Beleuchtung übernimmt.

Das Oberflächendiagnosegerät wird mit der Fläche des Vorsatzrings 26 vollflächig auf die zu untersuchende Hautfläche gesetzt. Auf einem hier nicht dargestellten Monitor eines Computers erscheint dann zunächst ein diffus beleuchtetes Realbild der Hautoberfläche. Durch Betätigen des Auslösers 31 am Handgriff 30 wird die Aufnahme der Bilder mit diffuser und gerichteter Beleuchtung gestartet.

Bild 1 wird mit diffuser Beleuchtung aufgenommen. Hierbei sind alle vier Lichtquellen 19, 19', 19'', 19''' aktiviert. Anschließend werden vier Bilder mit gerichteter Beleuchtung aufgenommen. Die einzelnen Aufnahmen erfolgen zueinander um 200 ms zeitversetzt, wobei jeweils eine andere Lichtquelle 23, 23', 23'', 23''' aktiviert ist.

Nach etwa einer Sekunde erscheinen die einzelnen aufgenommenen Bilder zur Kontrolle am Bildschirm. Sollte der Benutzer mit der Qualität einer Aufnahme unzufrieden sein, kann er den gesamten Aufnahmevergäng wiederholen. Ansonsten erhält er die Aufforderung, den Vorsatz 26 gegen den Vorsatz 27 auszutauschen. Dieser enthält eine beschichtete Glasscheibe, welche als Filter für polarisiertes Licht oder gegen ungewollte Reflexionen wirkt. Mit dem Vorsatz 27 erfolgt dann eine kontaktdermatoskopische Aufnahme. Anschließend erfolgt eine Qualitätsabfrage. Wird die Qualität dieser Aufnahme ebenfalls positiv bestätigt, wird der Aufnahmevergäng beendet.

Alle sechs aufgenommenen Bilder werden nun digitalisiert und in einer Datenbank abgelegt, in der zusätzliche Risikodaten des Patienten erfaßt sind. Aus den Aufnahmen werden dann mithilfe Bildverarbeitungsalgorithmen Merkmale extrahiert. Diese Merkmale dienen zusammen mit den Risikodaten als Datenbasis für ein neuronales Netz, welches darauf trainiert ist, bösige Pigmentmale von malignen zu

unterscheiden. Mit Hilfe des neuronalen Algorithmus wird dann ein Wert für die Bösartigkeit des Pigmentmals ermittelt. Die Oberflächenstruktur der Haut im Bereich des Pigmentmals dient hier als wichtiges Merkmal bei der automatischen Hautkrebsdiagnose durch das handgeführte Oberflächendiagnosegerät 13.

Bezugszeichenliste

- 10 1 - Videokamera
- 2 - Oberfläche
- 3 - Oberflächenunregelmäßigkeit
- 4 - Erhebung
- 5 - Lichtquelle
- 15 6 - Lichtquelle
- 7 - gerichtete Lichtstrahlen
- 7' - gerichtete Lichtstrahlen
- 8 - Kontrastzone
- 9 - Kontrastzone
- 10 - Schattenzone
- 11 - Schattenzone
- 12 - diffuse Lichtstrahlen
- 13 - Oberflächendiagnosegerät
- 14 - Gehäuse
- 15 - Videokamera
- 16 - Beleuchtungskörper
- 17 - Kamraadapter
- 18 - Beleuchtungstibus hinten
- 19 - Lichtquellen
- 30 19' - Lichtquelle
- 19'' - Lichtquelle
- 19''' - Lichtquelle
- 20 - Distanzstück
- 21 - Abblendring
- 35 22 - Beleuchtungstibus Mitte
- 23 - Lichtquellen
- 23' - Lichtquelle
- 23'' - Lichtquelle
- 23''' - Lichtquelle
- 40 24 - Beleuchtungstibus vorne
- 25 - Vorsatzring
- 26 - Vorsatzring
- 27 - Vorsatzring
- 28 - Steuerplatine
- 45 29 - Bodenplatte
- 30 - Handgriff
- 31 - Auslöser
- 32 - Innenwand v. 22
- 33 - Abblendkörper
- 50 D - Lichtsystem (diffus)
- G - Lichtsystem (gerichtet)
- ML - Mittellängsachse
- T - Teilkreis
- α - Winkel
- α' - Winkel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse der Beschaffenheit einer Oberfläche durch Aufnahme der bildlichen Szene mit einer Kamera, wobei mindestens zwei Bilder bei einer Beleuchtung mit gerichtetem und/oder diffusem Licht aufgenommen werden, die Bildinformationen der einzelnen Bilder in digitale Signale umgewandelt und anschließend hieraus ein dreidimensionales Abbild rechnergestützt ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, in welchem mindestens zwei Bilder mit aus unterschiedlichen Richtungen auf

die Oberfläche gerichtetem Licht aufgenommen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, in welchem mindestens ein Bild mit schräg zur Vertikalen auf die Oberfläche gerichtetem Licht und ein Bild bei diffusem Licht aufgenommen werden. 5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, in welchem die dreidimensionale Struktur mittels eines Algorithmus nach Training vorgegebener Merkmalskombinationen klassifiziert wird. 10

5. Aufnahmeverrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einer Videokamera (1, 15) und einem dieser Videokamera zugeordnetem Beleuchtungskörper (16), wobei der Beleuchtungskörper (16), ein erstes Lichtsystem (D) zur Erzeugung von diffusem Licht und ein zweites Lichtsystem (G) zur Erzeugung von gerichtetem Licht und eine Steuerung (28), durch die das erste und das zweite Lichtsystem unabhängig voneinander elektronisch ansteuerbar sind, aufweist. 15

6. Aufnahmeverrichtung nach Anspruch 5, in welcher das erste Lichtsystem (D) Lichtquellen (19, 19', 19'', 19''') und eine das Licht dieser Lichtquellen streuende Einrichtung (21, 33) aufweist. 20

7. Aufnahmeverrichtung nach Anspruch 5 oder 6, in welcher das zweite Lichtsystem (G) mindestens zwei Lichtquellen (23, 23', 23'', 23''') aufweist, die auf einem quer zur Mittellängssachse (ML) des Beleuchtungskörpers (16) liegenden Teilkreis (T) in Umfangsrichtung versetzt sind und in einem zur Mittellängssachse (ML) konvergierenden Winkel (α, α') angeordnet sind. 25

8. Aufnahmeverrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, in welcher dem Beleuchtungskörper (16) Vorsatzringe (25, 26, 27) zuordbar sind. 30

9. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 mit einer Aufnahmeverrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8. 35

einer Videoaufnahmekarte zum Digitalisieren von mittels der Aufnahmeverrichtung ermittelten Bildinformationen, 40

einem Datenspeicher zum Speichern der digitalisierten Bildinformationen, und

einer Auswerteeinrichtung zur rechnergestützten Ermittlung eines dreidimensionalen Abbilds aus den gespeicherten Bildinformationen. 45

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

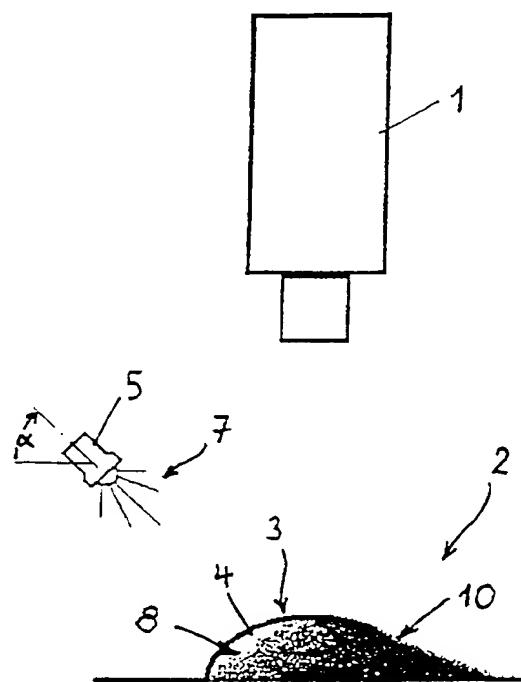


Fig. 1

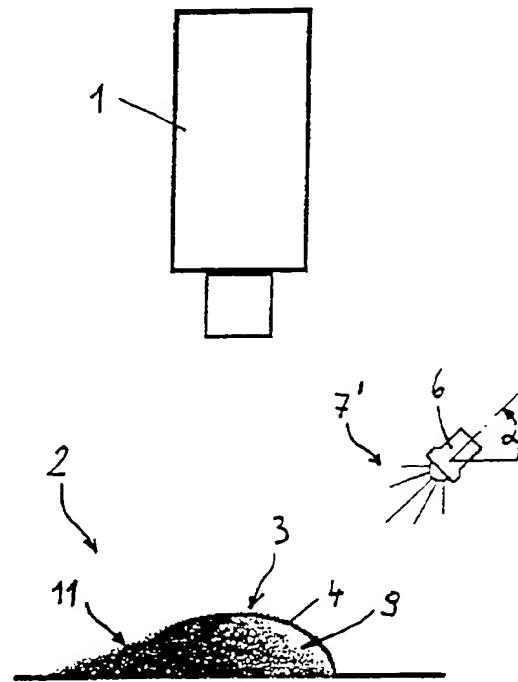


Fig. 2

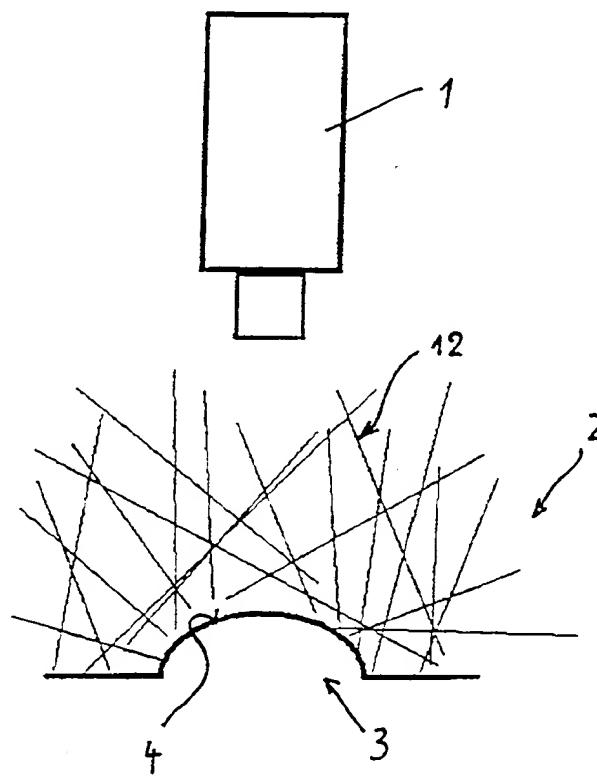


Fig. 3

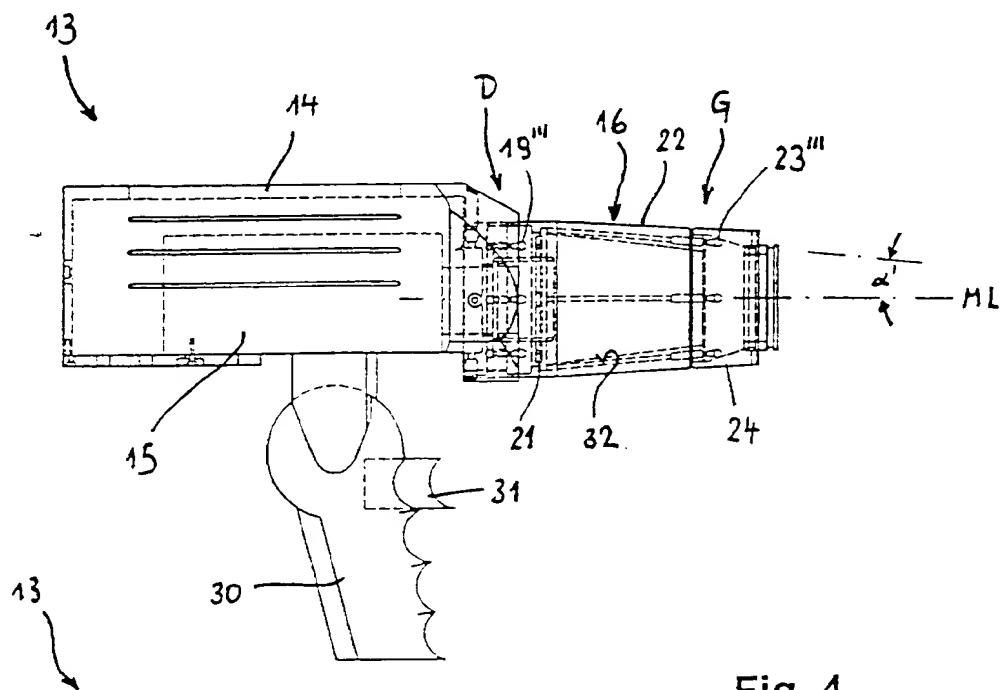


Fig. 4

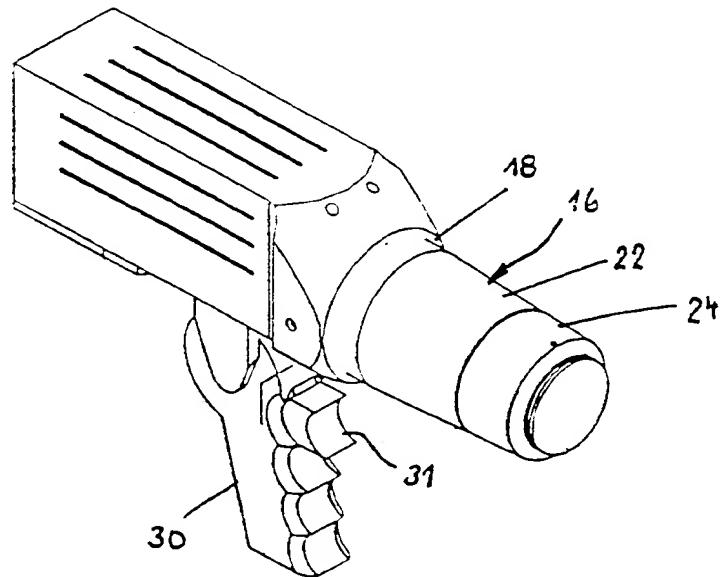


Fig. 5

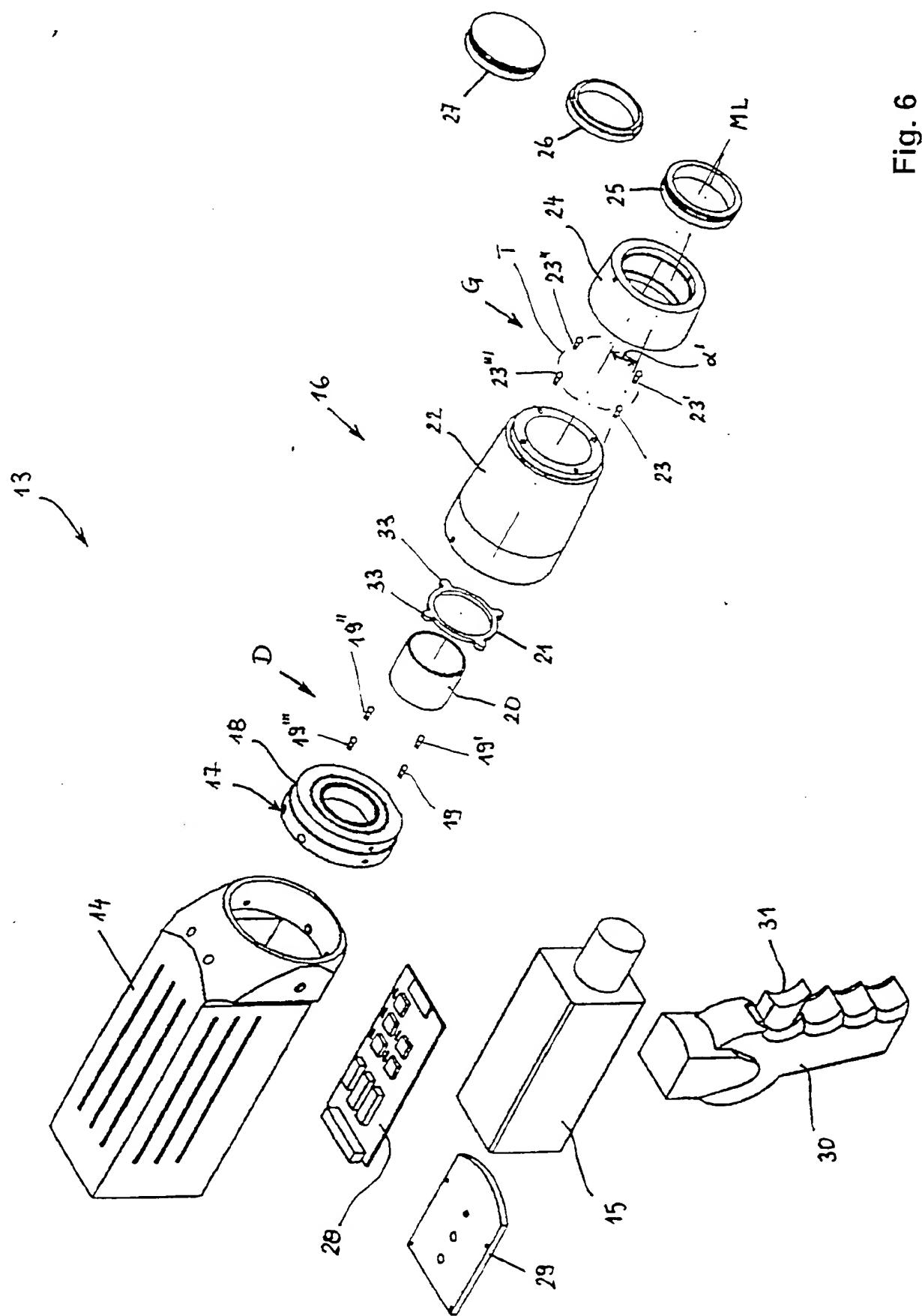


Fig. 6